

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-063473

(43)Date of publication of application : 28.02.1992

(51)Int.Cl.

H01L 27/148

H04N 5/335

H04N 9/07

(21)Application number : 02-174506

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 03.07.1990

(72)Inventor : MANABE SOHEI  
SHIBATA HIDENORI

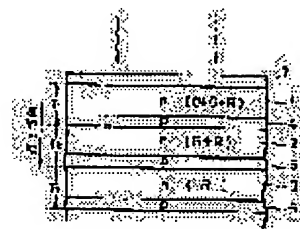
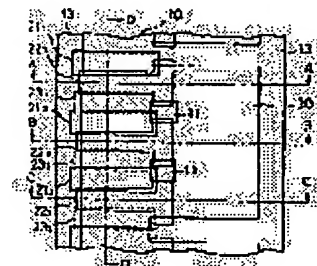
## (54) SOLID STATE IMAGE SENSOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an image having high sensitivity and excellent color reproducibility by one solid state image sensor chip by separately providing photodiodes as photoelectric converters in a depth direction.

CONSTITUTION: A plurality of vertical CCDs 20 are disposed in parallel, and a plurality of photoelectric converters 30 are arranged along the CCDs 20.

The photoelectric converters 30 are formed of three photodiodes separated in a depth direction, the photodiode 31 of an uppermost layer is formed in a depth for absorbing blue, and a p-type layer 34 of a burr layer is formed thereunder. Similarly, a second photodiode 32 is formed in a depth for absorbing green light, and the photodiode 33 of an uppermost layer is formed in a depth for absorbing red light. In this case, signal charges stored in the respective photodiodes are calculated to obtain R, G and B components, and a color image can be imaged. Thus, an image having high sensitivity and excellent color reproducibility is obtained by one solid state image sensor chip.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-63473

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)2月28日

H 01 L 27/148  
H 04 N 5/335  
9/07Z 8838-5C  
A 8943-5C  
8122-4M

H 01 L 27/14

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑭ 発明の名称 固体撮像装置

⑯ 特 願 平2-174506

⑰ 出 願 平2(1990)7月3日

⑱ 発 明 者 真 鍋 宗 平 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合  
研究所内⑲ 発 明 者 柴 田 英 紀 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合  
研究所内

⑳ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外3名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

固体撮像装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板に複数の光電変換部を設けると共に、これらの光電変換部で変換され蓄積された信号電荷をそれぞれ読出す信号電荷読出し部を設けた固体撮像装置において、

前記光電変換部は深さ方向に少なくとも3つに分離されたフォトダイオードからなり、前記信号電荷読出し部は前記光電変換部の各々のフォトダイオードに対して独立に接続された読出しトランジスタからなるものであることを特徴とする固体撮像装置。

(2) 半導体基板にマトリックス状に配置され、且つ各々が深さ方向に3つに分離された複数のフォトダイオードからなる光電変換部と、これらの光電変換部に対応してそれぞれ設けられ、該光電変換部に蓄積された信号電荷を各々のフォトダイオード毎に読出す3つの読出しトラン

ジスタからなる信号電荷読出し部と、これらの信号電荷読出し部で読出された信号電荷を垂直方向に転送する複数本の垂直電荷転送部と、これらの垂直電荷転送部により転送された信号電荷を水平方向に転送する水平電荷転送部と、この水平電荷転送部により転送された信号電荷に基づきR、G、Bの3原色信号を求める演算処理部とを具備してなることを特徴とする固体撮像装置。

(3) 前記水平電荷転送部は前記光電変換部の3つのフォトダイオードに対応して3本形成され、各々の水平電荷転送部には前記垂直電荷転送部により転送された信号電荷を、同じ深さ位置のフォトダイオード毎に分離して供給することを特徴とする請求項2記載の固体撮像装置。

## 3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は、固体撮像装置に係わり、特にカラー画像を撮像するための固体撮像装置に関する。

## (従来技術)

従来、カラー画像を撮像する固体撮像装置には、大きく別けて次の2つの方式がある。第1は、入射した光を光学系で色分解し、色分解された3つの光に対応して3つの固体撮像素子チップで撮像する方式である。第2は、固体撮像素子チップの各画素に色分解フィルタを形成し、1つの固体撮像素子チップでカラー信号を得る方式である。

第1の方式は、特に高い画質が要求される放送用TVカメラに採用されている方法であり、通常はレンズを通り入射した色を赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色に分光し、各3原色に対応して3つの固体撮像素子チップが設けられている。この方法は、入射した光の損失が少なく高感度であり、且つ3原色に分光しているため、TVモニタ上での色再現性に優れている。しかし、光学分光系と固体撮像素子チップがそれぞれ3個必要であるため、TVカメラが大型となり高価となる欠点がある。

る。

## (発明が解決しようとする課題)

このように従来、カラー画像を撮像するのに、光学分光系を使用すると装置構成の大型化及びコスト高を招き、また色分解フィルタを使用すると感度の低下或いは色再現性の低下を招く問題があった。

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、色分解フィルタや光学分光系を使用することなく、1つの固体撮像素子チップで高感度で色再現性のよい画像を得ることのできる固体撮像装置を提供することにある。

## [発明の構成]

## (課題を解決するための手段)

本発明の骨子は、青、緑、赤等の光が光電変換素子(フォトダイオード等)の半導体(特に、Si)の中で吸収される深さ方向の領域が異なることを利用し、従来使われているフォトダイオードを深さ方向に分離して色分解を行うこと

第2の方式は、1つの固体撮像素子チップでカラー画像を得られるため、TVカメラが小型で安価になる長所がある。しかし、固体撮像素子チップ上に形成される色分解フィルタは、通常各々の画素上にバンドパスフィルタ、ハイパス又はローパスフィルタとして形成されているため、入射した光の利用効率は極めて悪く感度が低い。なお、感度を考慮すると補色系のフィルタ構成がよいが、この場合は色再現性が悪くなる。

また、これらの方式以外に、波長により感度の異なる光導電性材料を透明絶縁層を挟んで積層した構造、例えば最上層は青い色にのみ感度を有し緑、赤を透過する材料(ZnSe)、次の層は青と緑に感度を有し赤い光を透過する材料(CdS)、最下層は赤い光に感度を有する材料(CdSe)を積層した素子が提案されている。しかし、この構造では、異なる材料の3層をエビタキシャル成長等で積層する必要があり、これを実現するのは現在の技術では殆ど不可能であ

にある。

即ち本発明は、半導体基板に複数の光電変換部を設けると共に、これらの光電変換部で変換され蓄積された信号電荷をそれぞれ読出す信号電荷読出し部を設けた固体撮像装置において、光電変換部を深さ方向に少なくとも3つに分離されたフォトダイオードで形成し、信号電荷読出し部を光電変換部の各々のフォトダイオードに対して独立に接続された読出しトランジスタで形成するようにしたものである。

ここで、光電変換部の配列は1次元でもよく、2次元(マトリックス)でもよい。さらに、読出した信号電荷はCCDで転送してもよいし、金属配線に取り出してもよい。また、3つのフォトダイオードからなる光電変換部を2次元に配列し、読出した信号電荷をCCDで転送する場合、垂直CCDの後に3本の水平CCDを設け、垂直CCDから水平CCDに信号電荷を読出す際に、同じ深さ位置のフォトダイオードの信号電荷を同じ水平CCDに供給する。

## (作用)

本発明によれば、青、緑、赤等の光が半導体の中で吸収される深さ方向の領域が異なることから、光電変換部においては深さ位置の異なるフォトダイオードにより異なる光成分がそれぞれ検出される。従って、各フォトダイオードに蓄積された信号電荷に基づき演算処理を行うことにより、R、G、Bの成分を求めることができ、これによりカラー画像を撮像することが可能となる。

## (実施例)

まず、実施例を説明する前に、本発明の基本原理について説明する。

第6図に本発明による光電変換部の断面構造図を示す。この光電変換部は複数のフォトダイオードからなり、その材料は一般に半導体装置で広く使用されているSiである。図中4、5、6は各々深さ方向にフォトダイオードを分離するバリア層であり、フォトダイオード1、2、3を分離している。7は表面を空乏化するのを

$$I_B = I_{B0} \cdot e^{-\alpha_B t} \quad \dots (3)$$

$$I_G = I_{G0} \cdot e^{-\alpha_G t} \quad \dots (4)$$

$$I_R = I_{R0} \cdot e^{-\alpha_R t} \quad \dots (5)$$

と表わされる。ここで、 $\alpha_B > \alpha_G > \alpha_R$ の関係にあるから、第7図に示すように、青、緑、赤等の光がSi中で吸収される深さ方向の領域が異なっている。

いま、第6図において、表面からバリア4までの深さを $T_1$ 、表面からバリア5までの深さを $T_2$ 、表面からバリア6までの深さを $T_3$ とすれば、第7図に示すように、フォトダイオード1で青色の光を略吸収してしまい、フォトダイオード2までで緑色の光を、フォトダイオード3までで赤色の光を吸収してしまう。各フォトダイオードの量子効率を簡単にするために1と仮定すれば、フォトダイオード1では、

$$I_1 = I_{B0} + I_{G0}(1 - e^{-\alpha_G T_1}) + I_{R0}(1 - e^{-\alpha_R T_1}) \quad \dots (6)$$

フォトダイオード2では、

防ぐ層である。

光電変換部に対し表面側から入射した光は、垂直方向に分離されたフォトダイオード1、2、3で吸収され、電気信号に変換される。光は最上層のフォトダイオード1で主に短波長の光である青が吸収され(緑、赤の一部も吸収される)、続いてのフォトダイオード2で緑の光が吸収され(赤の一部も吸収される)、最下層のフォトダイオード3で赤の光が吸収される。入射した光の強度を $I_0$ とし、

$$I_0 = I_{B0} + I_{G0} + I_{R0} \quad \dots (1)$$

と表わす。ここで、 $I_{B0}$ 、 $I_{G0}$ 、 $I_{R0}$ は各々青、緑、赤領域の光の強度を表わしている。物質中の光の透過は、第7図に示すように、

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha t} \quad \dots (2)$$

と表わすことが可能である。 $t$ は表面からの深さ、 $\alpha$ は吸収係数、 $I$ は深さ $t$ での光の強度である。青、緑、赤の吸収係数を各々 $\alpha_B$ 、 $\alpha_G$ 、 $\alpha_R$ とすれば、各々の色に対する深さ方向の光強度は

$$I_2 = I_{G0}(e^{-\alpha_G T_1} - e^{-\alpha_G T_2}) + I_{R0}(e^{-\alpha_R T_1} - e^{-\alpha_R T_2}) \quad \dots (7)$$

フォトダイオード3では、

$$I_3 = I_{R0}(e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}) \quad \dots (8)$$

の光が吸収され、その光に相当する電荷が生成される。従って、これらの3つの式より、

$$I_{B0} = I_1 - \left[ I_2 - \frac{I_3(e^{-\alpha_R T_1} - e^{-\alpha_R T_2})}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \right] \frac{1 - e^{-\alpha_G T_1}}{e^{-\alpha_G T_1} - e^{-\alpha_G T_2}} - \frac{I_3(1 - e^{-\alpha_R T_1})}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \quad \dots (9)$$

$$I_{G0} = \left[ I_2 - \frac{I_3(e^{-\alpha_R T_1} - e^{-\alpha_R T_2})}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \right] \frac{1}{e^{-\alpha_G T_1} - e^{-\alpha_G T_2}} \quad \dots (10)$$

$$I_{R0} = \frac{I_3}{e^{-\alpha_R T_2} - e^{-\alpha_R T_3}} \quad \dots (11)$$

と入射した青、緑、赤の各成分に対する光強度が表わされる。これにより、各フォトダイオード1、2、3で得た電気信号を外部回路で演算処理することにより、青(R)、緑(G)、赤(B)の信号を得ることができる。

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例に係わる固体撮像装置の1画素構成を示す平面図、第2図(a)~(c)は第1図の矢視A-A, B-B, C-C断面図、第3図は第1図の矢視D-D断面図である。

第1図に示すように、垂直CCD20に隣接して光電変換部30が配置されている。この図では1画素部分を示すが、垂直CCD20は複数本平行に配置され、各々の垂直CCD20に沿って複数の光電変換部30が配列されている。

光電変換部30は、第2図に示すように、深さ方向に3つに分離したフォトダイオードから形成されている。最上層のフォトダイオード31は青色を吸収する深さまで形成され、その下にバリア層であるp<sup>-</sup>層34が形成されている。2番目のフォトダイオード32は緑色の光を吸収できる深さまで形成され、その下には同様にバリア層であるp<sup>-</sup>層34が形成されてい

して転送電極を形成したもので、1画素当たり9個の転送電極21, 22, 23を備えている。そして、3つのフォトダイオード31, 32, 33に対して3電極ずつを対応させている。即ち、青色光を吸収するフォトダイオード31には転送電極21, 22, 23が対応しており、転送電極22はフォトダイオード31上まで伸びて読出しトランジスタのゲートを兼ねるものとなっている。同様に、緑色光を吸収するフォトダイオード32には転送電極21, 22, 23が対応し、赤色光を吸収するフォトダイオード33には21, 22, 23が対応している。そして、これらの転送電極21, 22, 23には3相クロックφ<sub>1</sub>, φ<sub>2</sub>, φ<sub>3</sub>が印加され、フォトダイオード31, 32, 33の信号電荷は垂直CCD20に同時に読出されるものとなっている。

第4図に本実施例装置の全体構成を示す。垂直CCD20により転送された信号電荷は、3本の水平CCD41, 42, 43に読出され

る。また、最下層のフォトダイオード33は赤色の光を吸収できる深さまで形成されている。ここで、フォトダイオードはn<sup>-</sup>層とp<sup>-</sup>層の接合で形成されるが、実質的にはn<sup>-</sup>層が蓄積ダイオードとして作用する。そして、これらのフォトダイオード31, 32, 33に隣接してn<sup>-</sup>層(CCDチャネル)12が形成され、各フォトダイオード31, 32, 33の一部は各々異なる位置で後述する読出しトランジスタのチャネル(p層)に接している。

なお、上記構成を実現するには、n型のSi基板10上にpウェル11を形成し、このpウェル11にイオン注入等によりp<sup>+</sup>素子分離層13, n<sup>-</sup>CCDチャネル12, n<sup>-</sup>フォトダイオード31, 32, 33及びp<sup>-</sup>バリア層34を形成すればよい。また、イオン注入の代わりに、上記各層31~34をエピタキシャル成長で形成してもよい。

垂直CCD20は、第3図に示すように、CCDチャネル12上にゲート酸化膜14を介

する。ここで、垂直CCD20で転送されたフォトダイオード31からの信号電荷は水平CCD41に読出され、フォトダイオード32からの信号電荷は水平CCD42に読出され、フォトダイオード33からの信号電荷は水平CCD43に読出される。水平CCD41, 42, 43により転送された信号電荷は、増幅器により増幅されたのち信号処理回路51, 52, 53にそれぞれ供給され、さらに演算処理回路60に供給される。ここで、信号処理回路51, 52, 53は低ノイズ化処理やサンプルホールド等を行うものである。演算処理回路60は、前記(9)~(11)式に示した演算を行い、R, G, Bに相当する信号を出力するものである。

このような構成において、光電変換部30に光が照射されると、フォトダイオード31では青色の光と緑及び赤色の光の一部とが吸収され、その吸収量に応じた信号電荷が蓄積される。同様に、フォトダイオード32では緑色の光と赤色の光の一部とが吸収され、その吸収量に応じ

た信号電荷が蓄積される。さらに、フォトダイオード33では赤色の光が吸収され、その吸収量に応じた信号電荷が蓄積される。各フォトダイオード31, 32, 33に蓄積された信号電荷は、読出しトランジスタをONすることにより垂直CCD20に同時に読出される。

ここで、信号読出しの方法としては同時に読出すに限らず、各フォトダイオード31, 32, 33の信号電荷を順次読出すようにしてもよい。但し、一つの読出しトランジスタをONしている際に、読出しゲートに印加する電圧により他のトランジスタがONし、読出すべきでない信号電荷が読出される可能性がある。従って、信号電荷を順次読出す際には、上側のフォトダイオードから下側のフォトダイオード方向に読出しトランジスタをONする。読出しトランジスタにおいて、上側のトランジスタよりも下側のトランジスタの方がONするのに高い電圧が必要である。このため、上側のトランジスタをONした場合、下側のトランジスタがONする

ことはない。下側のトランジスタをONした時点では上側のフォトダイオードの信号電荷は既に読出されて空になっているので、上側のトランジスタがONしても何等问题は生じない。

さて、垂直CCD20により転送された信号電荷は、3本の水平CCD41, 42, 43に読出されるが、このときフォトダイオード31, 32, 33から読出され転送された各信号電荷は、水平CCD41, 42, 43にそれぞれ読出される。従って、水平CCD41には前記

(6)式で表される信号電荷が、水平CCD42には前記(7)式で表される信号電荷が、水平CCD43には前記(8)式で表される信号電荷が読出されることになる。水平CCD41, 42, 43により転送された信号電荷は、信号処理回路51, 52, 53を介して演算処理回路60に供給される。そして、演算処理回路60で前記(9)(10)(11)式に示す演算を行うことによって、R, G, Bに相当する信号が出力されることになる。

かくして本実施例によれば、光電変換部30を深さ方向に3つに分割したフォトダイオード31, 32, 33で形成し、これらのフォトダイオード31, 32, 33に蓄積された各信号電荷に基づき前述した演算処理を行うことによって、入力光のR, G, B成分の大きさを検出することができ、カラー画像を撮像することが可能となる。そしてこの場合、1つの固体撮像素子チップでカラー画像が撮像できることから、光学分光系等を必要とせず、全体の構成の簡略化をはかることができる。さらに色フィルタを用いた装置とは異なり、光の損失が生じることはなく、光の利用効率を高めて感度及び色再現性の向上をはかることが可能となる。また、異なる材料を積層するのではなく、同じ材料

(Si)のフォトダイオードを積層した構造であるので、特殊の製造方法を用いる必要はなく、既存の製造方法にて簡易に製造することが可能であり、実用性大なる利点がある。

第5図は本発明の他の実施例の一画素構成を

示す平面図である。なお、第1図と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。

この実施例が先に説明した実施例と異なる点は、CCDを用いることなく、光電変換部から読出した信号電荷を直接取り出すようにしたものである。即ち、フォトダイオード31, 32, 33には、読出しゲート81, 82, 83を備えたトランジスタがそれぞれ接続され、これらのトランジスタで読出された信号電荷は不純物拡散層91, 92, 93を通して金属配線71, 72, 73にそれぞれ取り出されるものとなっている。このような構成であっても、先の実施例と同様の効果が得られる。

なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例ではフォトダイオードからなる光電変換部を2次元に配列したが、光電変換部を1次元に配列したラインイメージセンサに適用することも可能である。また、光電変換部を構成するフォトダイオードの深さ位置

は、前記第7図に示したR、G、Bの吸収深さに応じて適宜定めればよい。さらに、光電変換部を構成するフォトダイオードは3つに限るものではなく、それ以上に分割されたものであってもよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

#### 〔発明の効果〕

以上詳述したように本発明によれば、半導体中の中で吸収される光成分が深さ方向で異なることを利用し、光電変換部としてのフォトダイオードを深さ方向に分離して設け、分離した各フォトダイオードの検出信号に基づき所定の演算処理を行うことにより、R、G、Bの成分を測定することができる。従って、カラー画像を撮像することができ、色分解フィルタや光学分光系を使用することなく、1つの固体撮像素子チップで高感度で色再現性のよい画像を得ることが可能となる。

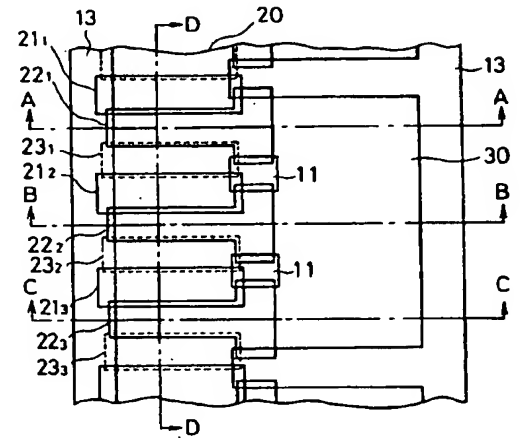
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例に係わる固体撮像

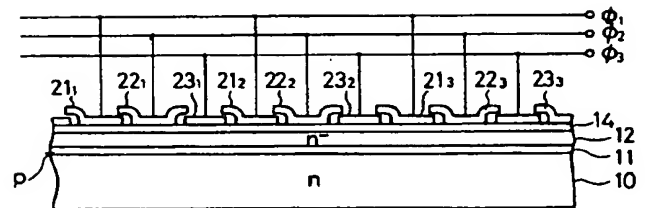
- 60…演算処理回路、
- 71、72、73…金属配線、
- 81、82、83…読出しゲート、
- 91、92、93…不純物拡散層。

装置の1画素構成を示す平面図、第2図及び第3図は第1図の要部構成を示す断面図、第4図は同実施例の全体構成を示す模式図、第5図は本発明の他の実施例の1画素構成を示す平面図、第6図及び第7図は本発明の原理を説明するためのもので、第6図は深さ方向に分離したフォトダイオードを示す断面図、第7図は深さ方向に対するR、G、Bの3色の透過率変化を示す特性図である。

- 10…n型Si基板、
- 11…pウェル、
- 12…CCDチャネル、
- 13…素子分離層、
- 14…ゲート酸化膜、
- 20…垂直CCD、
- 21、22、23…転送電極、
- 30…光電変換部、
- 31、32、33…フォトダイオード、
- 34…バリア層、
- 41、42、43…水平CCD、

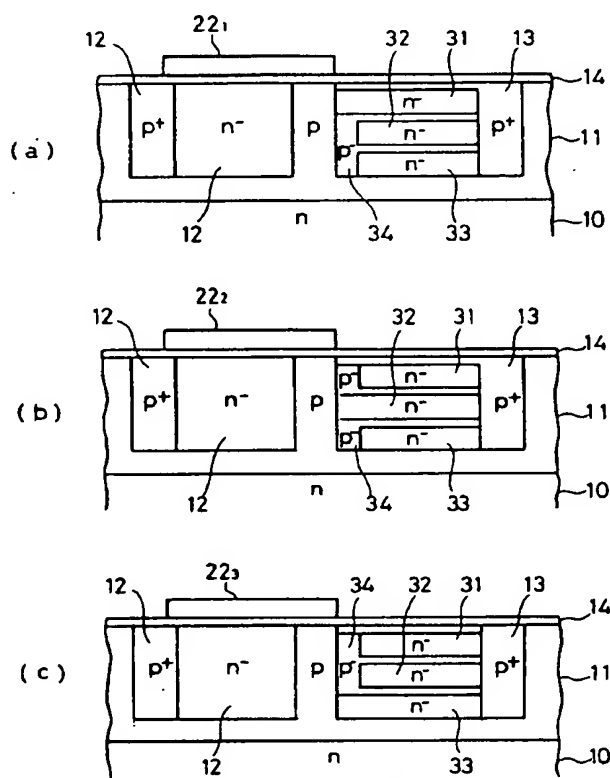


第1図

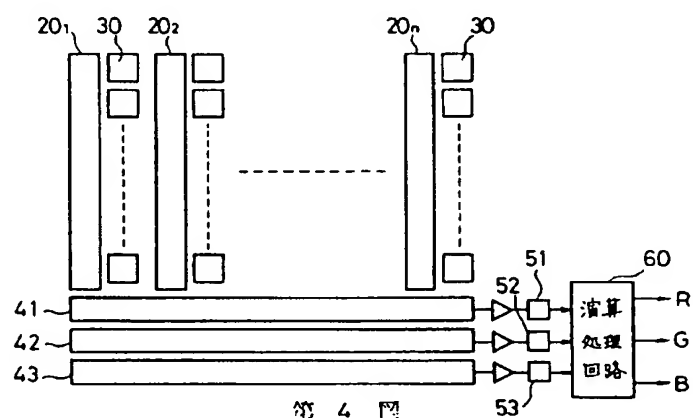


第3図

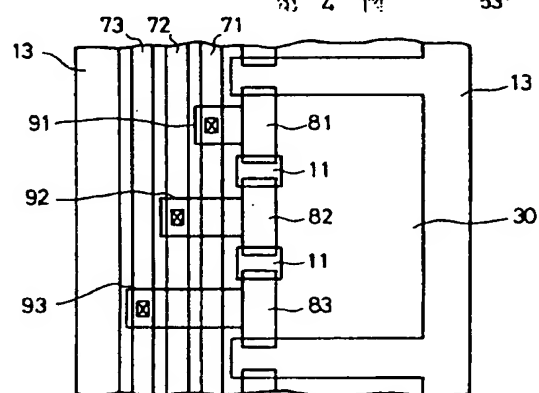
出願人代理人 弁理士 鈴江武彦



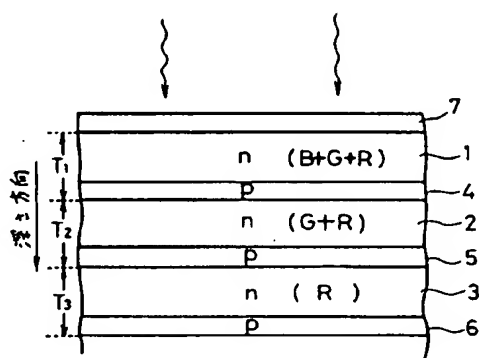
第 2 圖



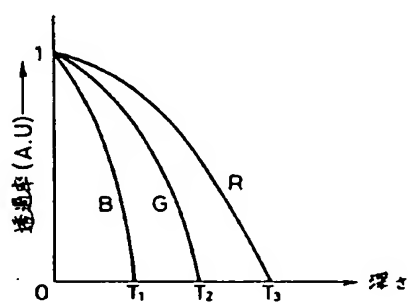
॥ ५ ॥



第 5 图



第 6 図



第 7 図